3. 南部小尺度

農業部臺南區農業改良場/楊智哲/助理研究員

3.1 背景介紹

嘉義與臺南地區栽培面積最大的作物前兩名分別為水稻與硬質玉米。其中，1 期作水稻面積約為 18,200 公頃和 14,700 公頃，2 期作則約為 11,700 公頃和 10,000 公頃，合計占全臺水稻面積的 22%；硬質玉米的種植面積分別約 7,000 公頃和 1,100 公頃，占全臺總面積達 73%。近年因極端氣候影響，降雨量劇烈變化，導致缺水與停灌情況發生頻率升高，平均每 3-5 年就會遇到 1 次 (表一)。其中，水稻是需水量最高的作物，而硬質玉米則為目前水田主要的轉作選項。因此，如何有效利用水資源、提升灌溉效率，已成為當前的重要課題。

表一、近 20 年水稻缺水停灌情形

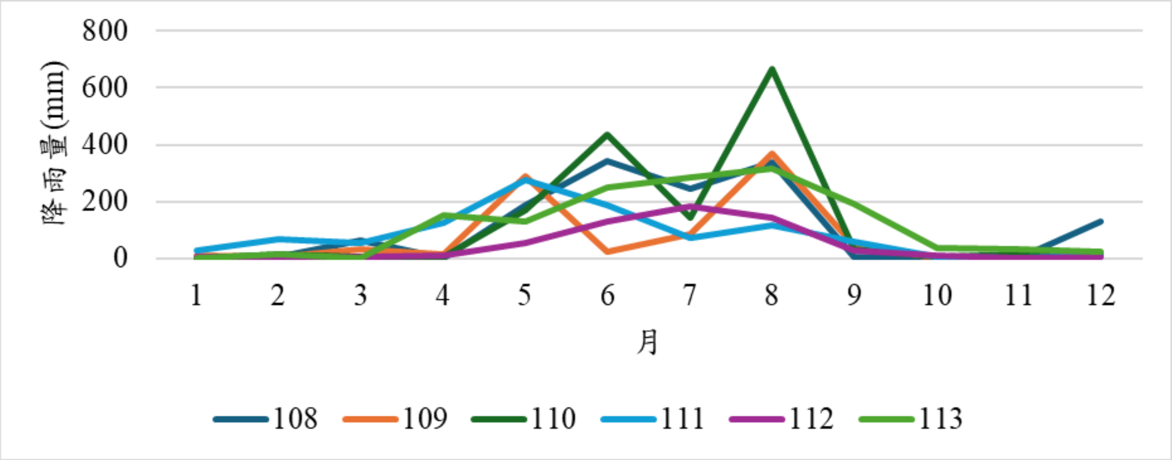
年度	期作別	停灌區域/縣市
93	第 1 期	桃竹苗、嘉南地區
95	第 1 期	桃竹苗、嘉南地區
99	第 1 期	桃竹苗、嘉南地區
104	第 1 期	新北、桃竹苗、臺中、雲嘉南地區
107	第 1 期	桃竹苗、嘉南地區
109	第 2 期	桃竹苗部分地區
110	第 1、2 期	竹苗、臺中 (1 期)、嘉南 (1、2 期)

※111 年開始實施「大區輪作」，1 期作改種旱作或休耕。

嘉義、臺南地區的主要水稻栽培區水源可分為灌區與非灌區。本區域屬於曾文–烏山頭水庫灌區，田區透過嘉南大圳引水灌溉。灌區內水稻栽培型態包括雙期作、單期作及 3 年 2 作，面積分別約為 22,900 公頃、9,100 公頃與 34,500 公頃。至於非灌區田區，主要依賴地下水，作物以雜糧旱作為主。

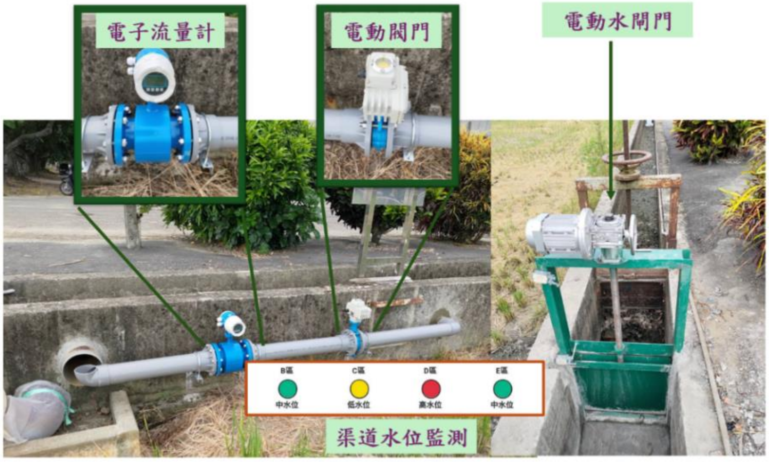
嘉義、臺南地區的雨季集中於 5-9 月，旱季則為 10 月至翌年 4 月，雨旱季降雨量比約為 6：1 (圖一)。1 期作水稻用水僅靠降雨，不足以供應全期生長所需，必須仰賴水庫供水，若水庫蓄水不足，1 期作水稻便面臨停灌或轉作的風險。另方面，若同一條水路的上、中、下游田區插秧期接近，則在需水量較大的時期 (如整地、施用除草劑及曬田後)，各田區用水高峰期

重疊，造成短時間需求暴增而供水不足，下游田區甚至可能無水可用。因此，如何分散用水高峰期以確保供水穩定，成為重要的課題。



圖一、108-113 年南改鹿草分場測站每月降雨資料。

南部地區小尺度驗證場域設置於嘉義縣鹿草鄉，面積約 5 公頃，共劃分 25 塊田區。場域內設有 1 座蓄水池，有效蓄水容量約 2,500 m^3，位於灌區水路末端，水源由曾文–烏山頭水庫經嘉南大圳引入蓄水池，再以抽水機抽送至渠道供灌。場內另設有 1 口地下水井，出水量為每小時 30 m^3，每旬最大出水量可達 6,000 m^3。井水可直接引入渠道灌溉，亦可導入蓄水池儲存。場域配置南、北兩條渠道，總長約 850 m，並以電動水閘門分隔為 5 大區，每區渠道設有簡易水位計，能及時顯示渠道水位高度 (圖二)。渠道壁上設有引水孔可將水分送至各田區，每塊田區均配備電子流量計與電動閥，並可透過手機遠端控制電動閥，實現精準供灌管理 (圖二)。



圖二、小尺度場域現場配置情形。

3.2 慣行操作方式

由於曾文–烏山頭水庫灌區面積廣，需採取「分區、分期、分段」供水，灌區內水稻田區於供水後 1 週開始插秧，此時許多田區需大量用水進行整地作業，田間用水量短時間內進入高峰，灌溉水路上游田區農友自行設置擋水板提升渠道水位增加進水量，導致下游田區無水可用。插秧後 7-10 日成活期連續供水，之後採供水 5-7 日停水 6-8 日方式供灌至收穫前 10-15 日停灌，期間視田區降雨狀況調整供水，如遇缺水則延長供灌輪距以撐過枯水期。旱作硬質玉米大多位於非灌區或輪作區，採溝灌或看天田的方式管理，看天田的產量受降雨量影響大。

3.3 最適灌溉模組

- 水稻

曾文–烏山頭水庫灌區因供灌面積大，須採分段供水，一般田區若無其他自有水源，只能依照供水時間進行灌溉。當水庫蓄水量不足，將視蓄水量決定可供灌面積，其餘田區則採停灌措施。為避免用水峰期過於集中導致下游田區無水可用，1 期作可將插秧期分散於 1 月下旬、2 月上旬、2 月中旬、2 月下旬，114 年 1 期作整地用水量約 100 mm，生育期間用水量分別為 801.5、868.5、892.0、923.1 mm，4 個插秧時間的降雨量分別為 357、446、572、569 mm，以整地期至插秧後 10-20 日施用除草劑階段以及曬田後和抽穗階段用水量最多。

113 年 2 期作分別於 8 月初、8 月上旬、8 月中旬插秧，2 期作水稻於 7 月下旬及 8 月上旬降雨量分別為 234、183 mm，由於降雨量充足，多數田區於整地前已吸飽水因此整地用水量較少，生育期間灌溉水量分別為 463.3、644.5、423.6 mm，生育期間降雨量分別為 796、812、577 mm，每旬灌溉水量介於 30-90 mm，因 113 年生育初期降雨量較多，生育期間以曬田後和抽穗階段用水量最多。

1 期作延後插秧生育期間總灌溉水量並無減少，但分散插秧期能避免用水峰期集中使所有田區都能充分獲得水源，同時能增加降雨利用，減緩枯水期水庫供水壓力。1 期作乾季 (1-4 月) 平均每旬需水量約 60-120 mm，雨季 (5-6 月) 平均每旬需水量約 40-60

mm。2 期作插秧期提早至 7 月中旬插秧，可增加 7 月中下旬降雨利用，2 期作雨季 (7-9 月) 平均每旬需水量約 30-60 mm，乾季 (10-11 月) 平均每旬需水量約 50-100 mm。

在灌溉水路末端設置蓄水池，可收集並儲存上游多餘雨水和灌溉水，避免資源流失；當末端田區需水時，蓄水池能提供部分供水，以分攤用水高峰期的壓力。

田區的灌溉水量多寡除了與作物的蒸發散量以及土壤向下滲漏量有關外，土壤橫向的滲漏也是影響灌溉水量的重要因素，透過流量計的紀錄發現，橫向滲漏嚴重的田區，生育期間用水量可達正常田區的 1.9 倍 (圖三)。因此，於 2 期作水稻收穫後以「田埂修築機」將四周田埂重新修補並加寬，修補後田區整地用水量為未修補時的 50% (表二)，大幅改善滲漏情況，減少水資源浪費。

整地用水量：7,144噸

曬田後用水量：5,607噸

田區編號	面積(公頃)	插秧期	1月上旬	1月中旬	1月下旬	2月上旬	2月中旬	2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬	4月上旬	4月中旬	4月下旬	5月上旬	5月中旬	5月下旬	6月上旬	小計	每公頃用水量(噸)
A1-1	0.3000	2月2日	0	0	287	322	194	124	212	185	111	126	223	227	200	164	84	142	2,601	8,670
A1-2	0.3000	2月3日	0	0	374	266	203	141	255	192	135	0	373	278	217	93	123	179	2,829	9,431
A2-1	0.3000	2月17日	0	0	0	0	417	168	250	323	120	118	333	249	238	205	97	143	2,659	8,865
A2-2-1	0.2500	2月1日	0	0	264	264	213	271	278	222	121	169	444	350	306	493	343	84	3,824	15,295
A2-2-2	0.0500	2月16日	0	0	0	0	86	56	35	49	13	25	46	37	138	28	37	42	592	11,841
A3-1	0.3000	1月31日	0	0	428	259	363	158	277	283	154	170	303	312	299	248	176	109	3,538	11,792
A3-2-1	0.1200	2月1日	0	0	235	60	69	62	83	67	79	10	148	53	127	84	59	60	1,195	9,961
A3-2-2	0.1800	2月1日	0	0	580	242	437	114	252	176	101	102	332	138	310	100	200	91	3,175	17,640
B1-1	0.3000	3月6日	0	0	0	0	0	173	370	181	303	249	291	576	542	358	204	175	3,422	11,406
B1-2	0.3000	3月2日	0	0	0	0	0	497	194	433	215	187	401	505	550	475	292	165	3,914	13,046
B2-1	0.3000	硬質玉米	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2-2	0.3000	1月18日	0	710	559	563	831	545	785	571	128	216	701	472	546	538	161	155	7,482	24,939
B3-1	0.0750	2月16日	0	0	0	0	162	111	37	116	52	38	60	144	55	123	4	143	1,046	13,941
D1-1-1	0.0675	2月1日	0	0	160	80	81	33	56	80	0	51	69	39	122	76	37	88	971	14,381
D1-1-2	0.0750	2月1日	0	0	158	73	132	42	72	100	0	56	74	47	143	79	63	74	1,113	14,839
D1-1-3	0.1075	3月3日	0	0	0	0	0	249	105	207	207	81	275	62	229	127	158	126	1,826	16,989
D1-2-1	0.0675	3月3日	0	0	0	0	0	145	28	81	76	46	114	32	138	81	64	81	887	13,142
D1-2-2	0.0750	3月3日	0	0	0	0	0	178	87	127	136	60	147	98	130	90	79	73	1,205	16,071
D1-2-3	0.1075	2月1日	0	0	260	147	270	98	165	256	127	135	139	95	277	112	111	138	2,329	21,666
D2-1	0.2500		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2-2	0.2500	1月18日	0	427	156	204	209	155	225	88	276	421	316	207	367	277	51	90	3,470	13,879
D3-1	0.0450	綠化地	174	93	87	236	279	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	868	19,289
D3-2	0.0450	綠化地	0	157	230	29	91	185	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	724	16,094
			174	1,896	4,207	3,433	4,336	3,828	4,270	4,292	2,857	2,805	4,968	3,937	4,968	3,760	2,364	2,165	54,260	

滲漏嚴重田區

整地期 成活期 分蘗盛期 曬田期 幼穗分化期 孕穗期 抽穗期 乳熟糊熟期 黃熟期

圖三、小尺度場域田區生育期間用水量。

表二、水稻 2 期作收穫後不同田埂修補程度隔年 1 期作田區整地用水量

年度	田埂	整地用水量 (mm)	整地用水量 %
112	無修補作	206	100.0
113	四周修補作	163	79.1
114	四周修補且加寬	100	48.5

- 硬質玉米

秋作硬質玉米採溝灌方式，於 9 月下旬播種，需在 11 月中旬至 12 月間進行灌溉。此時正值 2 期作水稻接近收穫期，對水分需求較少，因此不會與水稻競爭灌溉用水。若供水充足，生育期間可進行兩次灌溉，分別在齊膝高期與抽穗吐絲期，2 次灌水量分別為 105 mm 與 92 mm，間隔約 1 個月，每公頃平均產量可達 7,262 kg。若供水有限，則可僅在抽穗吐絲期灌溉 1 次，灌水量為 127 mm，每公頃產量約 6,181 kg (表三)。若供水嚴重不足，則可不進行灌溉，改採看天田，產量則受降雨量影響較大。

表三、秋作硬質玉米不同灌溉方式灌溉水量及產量

灌溉方式	株高 (cm)	灌溉水量 (mm)	產量 (kg)
灌溉 1 次 (齊膝高)	173.0	105.3	5,395.2
灌溉 1 次 (抽穗吐絲期)	144.7	127.6	6,181.2
灌溉 2 次 (齊膝高、抽穗吐絲期)	195.0	197.8	7,262.4

3.4 結語

嘉義、臺南地區在曾文–烏山頭水庫灌區可透過調整插秧期與作物選擇，達到水資源調度與灌溉效率的最佳化。1 期作水稻透過分散插秧期，不僅能有效錯開用水高峰，避免與下游田區搶水，同時增加降雨利用率，減輕水庫枯水期壓力。秋作硬質玉米則在 2 期作水稻收穫期進行灌溉，不與水稻競爭水源，且可依供水情況彈性調整為 2 次或 1 次灌溉，在兼顧產量的同時提升灌溉水利用效率。

此外，場域內配置蓄水池、地下水井及智慧化管控系統，可靈活調度多元水源，並透過遠端控制閥門實現精準供灌，不僅能降低人力操作成本並提升整體管理效率；同時，末端蓄水池的設置亦可收集並儲存上游剩餘用水，避免水資源浪費，並在田區需水時提供部分補充，有效緩解用水高峰期的供水壓力，進一步提升灌區整體用水效益與農業生產的穩定性。